

INFLUENCE DU GOÉLAND LEUCOPHÉE *LARUS MICHAEHELLIS* SUR LES FORMATIONS VÉGÉTALES OUVERTES DU LITTORAL DE RACHGOUN (OUEST ORANIE, ALGÉRIE)

Mohammed GHERMAOUI^{1*}, Karima HASSAINE¹ & Riadh MOULAÏ²

¹ Laboratoire de valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique. Université Abou Bekr Belkaid, BP 119, Tlemcen 13000, Algérie.

² Laboratoire de Zoologie Appliquée et d'Écophysiologie Animale, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université Abderrahmane Mira, Route de Targa Ouzemour, Bejaïa 06000, Algérie. E-mail: moulai741@hotmail.com

*Auteur pour toute correspondance. E-mail: gher132004@yahoo.fr

SUMMARY.— *Impact of the Yellow-legged Gull Larus michahellis on littoral open plant communities of Rachgoun (Western Algeria).*— The aim of this work was to study the impact of the Yellow-legged Gull on the soil and vegetation of an insular district and continent environmental located on the littoral of Rachgoun (western Algiers coast). The floristic composition of the two study sites shows the existence of 33 species in the insular station and 99 species in the continental one, the eudicotylidones, therophytes and eurymediterranean seem to be dominating in both stations. As far as soil analyses of the two stations are concerned, the correlations at the level of Rachgoun Island show that plots submitted to a high density of Yellow-legged Gull coincide with the weakest values of pH, a less salty soil and a rather high quantity of organic matter whereas in the continental station where Yellow-legged Gull seems absent, pH is slightly alkaline, soil is unsalted and there is a weak quantity of organic matter. So the Yellow-legged Gull seems to have a significant impact on the chemical characteristics of the superficially soil horizons of Rachgoun Island.

RÉSUMÉ.— L'impact que peut avoir le Goéland leucophée sur le sol et la végétation, d'un milieu insulaire et d'un milieu continental est étudié sur le littoral de Rachgoun (côte ouest de l'Algérie). La composition floristique des deux sites d'études montre l'existence de 33 espèces dans la station insulaire et 99 espèces dans la station continentale. Les taxons eudicotylidones, thérophytes et eury-méditerranéennes semblent dominants dans les deux stations. Concernant les analyses du sol des deux stations, les corrélations au niveau de l'île de Rachgoun montrent que les parcelles soumises à une forte densité de Goéland leucophée coïncident avec les plus faibles valeurs du pH, un sol peu salé et une quantité de matière organique forte à très forte. Par contre, dans la station continentale où le Goéland leucophée semble absent, le pH est légèrement alcalin, le sol est non salé, avec une faible quantité de matière organique. Le Goéland leucophée semble donc avoir un impact non négligeable sur les caractéristiques chimiques des horizons superficielles du sol de l'île de Rachgoun.

Dans l'aire méditerranéenne, les populations du Goéland leucophée *Larus michahellis* connaissent depuis une cinquantaine d'années une expansion démographique forte et continue, du fait de dérèglements d'origine anthropique (Jacob & Courbet 1980 ; Thibault *et al.*, 1996).

La mise à disposition par l'homme de ressources alimentaires abondantes, faciles d'accès et régulièrement renouvelées (ordures ménagères et rebuts de la pêche professionnelle), combinée à la protection de sites littoraux utilisés pour la nidification de cette espèce, sont responsables de cette explosion démographique (Beaubrun, 1994 ; Duhem *et al.*, 2008). Les effectifs élevés du Goéland leucophée occasionnent de nombreux problèmes environnementaux qui inquiètent les organismes de gestion et de recherche : nidification en milieu urbain (Moulaï *et al.*, 2005), divers impacts sur le milieu naturel, dégâts dans les exploitations agricoles, perturbations du trafic aérien, transmission de maladies (Vidal *et al.*, 1997).

Les îles abritent souvent de grandes colonies de Goéland leucophée qui tirent bénéfice de la tranquillité nécessaire pour effectuer leur cycle de reproduction et ont le plus souvent un fort impact sur le sol et la végétation (Vidal *et al.*, 1997 ; Vidal *et al.*, 1998a,b). Les perturbations induites par ces colonies sur la végétation et/ou le sol ont été étudiées sur plusieurs îles du nord du bassin méditerranéen, notamment en France (Vidal *et al.*, 1998a,b ; Baumberger *et al.* 2012) et en

Espagne (Oro & Martínez- Abraín, 2007). L'impact de cette espèce est moins documenté sur la rive sud de la méditerranée (García *et al.*, 2002). En Algérie, on peut citer l'étude de Benhamiche-Hanifi & Moulai (2012) qui se sont intéressés à l'impact de ce goéland sur le cortège floristique de quelques îles sur la côte à l'est d'Alger, mais l'aspect pédologique n'a pas été traité par ces auteurs.

D'après nos connaissances, aucune étude concernant cette thématique n'a été réalisée sur l'île de Rachgoun (Oranie, Algérie). Le site est intéressant car il représente, du point de vue superficie, l'un des plus grands systèmes insulaires en Algérie (26 ha), après celui de l'archipel des Habibas (40 ha). Du point de vue climatique, le site mérite aussi notre intérêt, étant situé dans une variante climatique semi-aride. Un certain nombre d'espèces d'oiseaux à haute valeur patrimoniale nichent sur l'île Rachgoun : Puffin cendré (*Calonectris diomedea*), Faucon d'Éléonore (*Falco eleonora*) et Goéland d'Audouin (*Larus audouinii*) (Moulai *et al.*, 2015). L'île Rachgoun abrite plus de 5000 couples de Goéland leucopée (Ghermaoui, 2010 ; Ghermaoui *et al.*, 2013). En 1978, le nombre de couples nicheurs est estimé à 350 (Jacob & Courbet, 1980). L'île connaît donc actuellement une véritable explosion démographique de cet oiseau marin.

Notre présent travail a pour objectif de déceler les éventuels impacts engendrés par le Goéland leucopée sur le sol et le tapis végétal de ce milieu insulaire. Il s'agit d'analyser l'impact que peuvent avoir les fortes densités de goélands sur les plantes vivaces et sur les propriétés chimiques des horizons superficiels du sol. Pour ce faire nous avons choisi deux stations, l'une insulaire (île de Rachgoun) caractérisée par la présence d'une forte densité de goélands, et l'autre continentale (station témoin) où la présence des goélands est de moindre importance.

MÉTHODES

DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le littoral de Rachgoun est localisé sur la partie occidentale du Nord-Ouest algérien. Il appartient à la façade maritime de l'Oranie située dans l'ouest de la wilaya d'Ain-Temouchent et au nord-est de la Wilaya de Tlemcen. Il correspond en fait au Massif de la basse Tafna (Fig. 1). Notre zone d'étude est répartie entre deux stations. La première insulaire (île de Rachgoun), située à trois kilomètres de la côte, en face de l'embouchure de l'Oued Tafna (entre 35°19'00'' et 35°19'45'' latitude Nord et 1°28'30'' et 1°29'00'' longitude Ouest). La seconde continentale est localisée dans la partie Ouest de la plage de Rachgoun, (entre 35°17'30'' et 35°18'00'' latitude Nord et 1°29'00'' et 1°29'30'' longitude Ouest) (Fig. 1).

Du point de vue climatique, la région d'étude est localisée dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver chaud avec une sécheresse estivale qui s'étend sur six mois, allant de mi-avril à mi-octobre. Cinq parcelles sont choisies aussi bien dans le milieu insulaire que dans le milieu continental. Ces parcelles d'échantillons sont choisies en fonction des densités du Goéland leucopée dans la station insulaire et selon la dominance des formations végétales dans la station continentale. Dans cette dernière les sites favorables à la reproduction du goéland sont quasi inexistant, ce sont des milieux caractérisés par un grand dérangement humain à l'exemple de la présence de quelques parcelles agricoles attenantes à la station. De plus, le matorral dégradé de la station continentale n'est pas très favorable à l'installation des goélands nicheurs.

Des analyses sur la fraction superficielle du sol et des relevés floristiques sont réalisées au niveau de chaque parcelle dans les deux milieux.

ESTIMATION DE LA DENSITÉ DES COUPLES NICHEURS DE GOÉLANDS

Les goélands représentent un groupe dont le suivi est plus difficile qu'il n'y paraît. La surabondance des couples sur l'île de Rachgoun rend le recensement absolu des nids à pied ou à distance difficile.

Les dénombrements des nids ont été effectués sur cinq placettes. La méthode consiste en un comptage au sol des nids à l'intérieur d'un quadrat de 100 m², délimité par des repères et parcouru plusieurs fois durant la période de reproduction. Les estimations du nombre de couples nicheurs sont déduites à partir du dénombrement des nids occupés, alors que les densités ont été obtenues par l'expression du nombre de couples nicheurs par hectare. Cette méthode permet également d'avoir une idée sur l'ensemble de la population de l'île (Annexe I).

ÉCHANTILLONNAGE DU SOL ET ANALYSES

Les échantillons du sol de 1 Kg sont prélevés dans les cinq parcelles des deux stations, proches des nids des Goélands leucopées dans l'île de Rachgoun, suite à un creusement dans la rhizosphère (10 à 20 cm) puis séchés à l'air libre et à

température ambiante. Les analyses chimiques sont effectuées sur la terre fine qui est obtenue après passage du sol dans un tamis de 2 mm de diamètre.

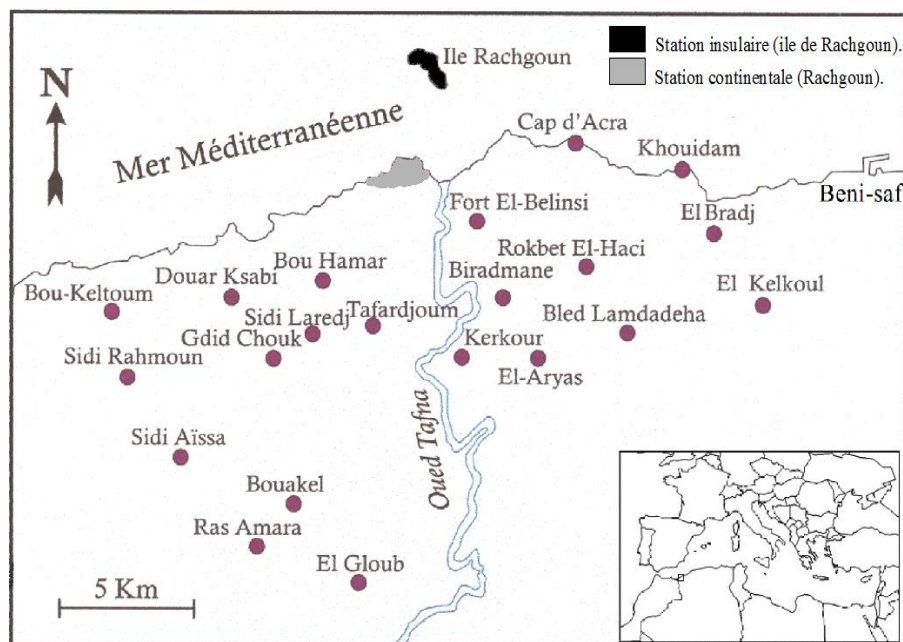


Figure 1.— Localisation géographique de la région de Rachgoun.

Le pH du sol a été déterminé en introduisant une électrode en verre dans une suspension de sol et d'eau distillée avec un rapport sol:eau distillée 1:2,5 après l'avoir agitée pendant 2 minutes puis laissée reposer une demi-heure (Thomas, 1996). Les valeurs qualitatives du pH ont été exprimées selon la méthode décrite par AFNS (1995).

La mesure de la conductivité électrique permet d'obtenir une estimation de la teneur globale en sels dissous et par conséquent de connaître la fertilité et la salinité du sol. La conductivité du sol est mesurée selon la méthode décrite par Aubert (1978). Dans 50 mL d'eau distillée 10 g de terre fine sont ajoutés. La suspension est ensuite incubée à température ambiante pendant une demi-heure puis filtrée jusqu'à l'obtention d'un filtrat parfaitement clair. Le filtrat obtenu est introduit dans une cuve de mesure de la conductivité. À l'aide du point de mesure, on détermine la résistance du volume liquide entre les électrodes du conductimètre. La salinité du sol a été estimée à partir des valeurs de la conductivité selon l'échelle proposée par Aubert (1978).

La détermination de la teneur en matière organique (MO) est effectuée selon la méthode décrite par Baize (2000). Le carbone organique est oxydé par le bichromate de potassium en milieu sulfurique.

Le pourcentage de la matière organique est calculé selon la relation suivante, après titrage direct du bichromate de potassium par la solution de Mohr (sulfate double d'ammonium et de fer) :

$$MO (\%) = 104,5 \times \left(\frac{V_2 - V_1}{m} \right)$$

Avec

V_1 : le volume de sulfate double d'ammonium et de fer utilisé (mL).

V_2 : le volume de sulfate double d'ammonium et de fer lu sur la burette après titrage (mL).

m : la masse de terre fine (entre 0,1 et 1g).

Les pourcentages de la matière organique ainsi calculés sont interprétés à l'aide de l'échelle établie par Aubert (1978).

RELEVÉS FLORISTIQUES

Un total de 25 relevés floristiques est réalisé dans chaque milieu. Le coefficient d'abondance-dominance et de sociabilité est déterminé pour chaque parcelle (Braun-Blanquet, 1951). L'inventaire floristique réalisé au niveau de chaque milieu est suivi par une analyse systématique des taxons trouvés et par une détermination des traits d'histoire de vie des espèces végétales (type biologique) (Raukiaer, 1918) et le type biogéographique (Quezel & Santa, 1962).

ANALYSE STATISTIQUES DES DONNÉES

Le coefficient de corrélation R^2 , combiné aux droites de régression simple, a été utilisé dans les analyses de la partie fine de sol, pour déterminer s'il existe des corrélations entre les composantes physico-chimiques du sol et la densité des colonies de Goéland leucophée par placette.

Les résultats des analyses du sol des différentes parcelles de la station insulaire et la station continentale ont été traités par l'analyse de la variance à un facteur selon le test Tukey's avec $\alpha = 0,05$. Les tests ont été réalisés grâce au logiciel SigmaPlot, version 11.0 (Copyright©2011 Systat Software, Inc, Chicago, IL).

L'analyse factorielle des correspondances a été effectuée à l'aide du logiciel Minitab 12 selon la méthode décrite par Benzecri (1973). Elle s'applique à des données qualitatives ou semi-quantitatives et permet de comparer des relevés deux à deux à partir d'un ensemble d'individus sans leur attribuer une valeur particulière. Dans notre travail, les tableaux analysés présentent les relevés en colonne, et les espèces végétales en ligne. Le nuage des points lignes ou des points colonnes s'étire le long d'une direction privilégiée correspondant à l'axe factoriel. Chaque axe factoriel est caractérisé par une valeur propre traduisant l'inertie du nuage de points le long de l'axe. Le taux d'inertie de l'axe représente, quant à lui, le pourcentage d'information apporté par l'axe dans l'inertie totale du nuage. Ainsi, la structuration d'un nuage le long d'un axe est proportionnelle au taux d'inertie et à la valeur propre de ce même axe (Vidal, 1998). Cette analyse aboutit à des représentations graphiques où les caractéristiques du tapis végétal au niveau de la station insulaire et de la station continentale, à travers un cortège floristique bien particulier, permettent la mise en évidence de l'état d'évolution de la structure des phytocénoses de chaque station.

RÉSULTATS

ANALYSE DU SOL

Les valeurs des différents éléments dosés sont décrites et parfois confrontées aux densités de Goélands nicheurs (nombre de couples par placette) par des régressions simples.

Mesure du pH

Le pH, dans l'aire d'étude, est légèrement alcalin. Il varie peu dans la station continentale (de 7,8 à 8) alors que, dans les parcelles insulaires, les valeurs fluctuent entre 7,4 ($\pm 0,3$) et 8,1 ($\pm 0,4$). La recherche de la corrélation entre le pH et les densités du Goéland leucophée (nombre de couples) montre que les plus fortes densités de couples de goélands coïncident avec les plus faibles valeurs de ce paramètre édaphique. Ainsi, dans la parcelle 5 où le pH est supérieur à 8, est enregistrée la plus faible densité (119,89 cpl.ha⁻¹), comparée à la parcelle 1 où le pH est neutre où la densité est plus forte (433,33 cpl.ha⁻¹). Le coefficient de corrélation révèle une corrélation moyenne entre ces deux paramètres ($r^2 = 0,52$) (Fig. 2).

Détermination de la conductivité électrique

La salinité globale d'un échantillon peut être exprimée sous la forme de la conductivité électrique, ou bien sous la forme de la somme des ions de son extrait de la pâte saturée (par malaxage avec l'eau distillée) (Baize, 2000). Les valeurs de la conductivité enregistrées dans les différentes parcelles indiquent un sol non salé à peu salé. Elles ne dépassent pas les 0,6 ($\pm 0,03$) ms/cm dans la station continentale. Les sols des trois parcelles 1, 2 et 3 de l'île sont légèrement plus salés que le reste des échantillons. La conductivité enregistrée atteint 0,85 ($\pm 0,04$) ms/cm.

La corrélation entre la conductivité électrique du sol et le nombre de couples de goélands nicheurs dans l'île de Rachgoun montre une corrélation positive ($r^2 = 0,68$). Aux plus fortes densités de couples nicheurs correspondent les plus fortes valeurs de conductivité, bien que l'écart-type de cette dernière ne soit pas très important (Fig. 3).

Détermination de la teneur pondérale en matière organique

Les valeurs des teneurs en matière organique fluctuent considérablement d'un relevé à l'autre dans la station insulaire. Elles varient entre 0,2 ($\pm 0,01$) % (parcelle 5) et 7,8 ($\pm 0,4$) % (parcelle 2).

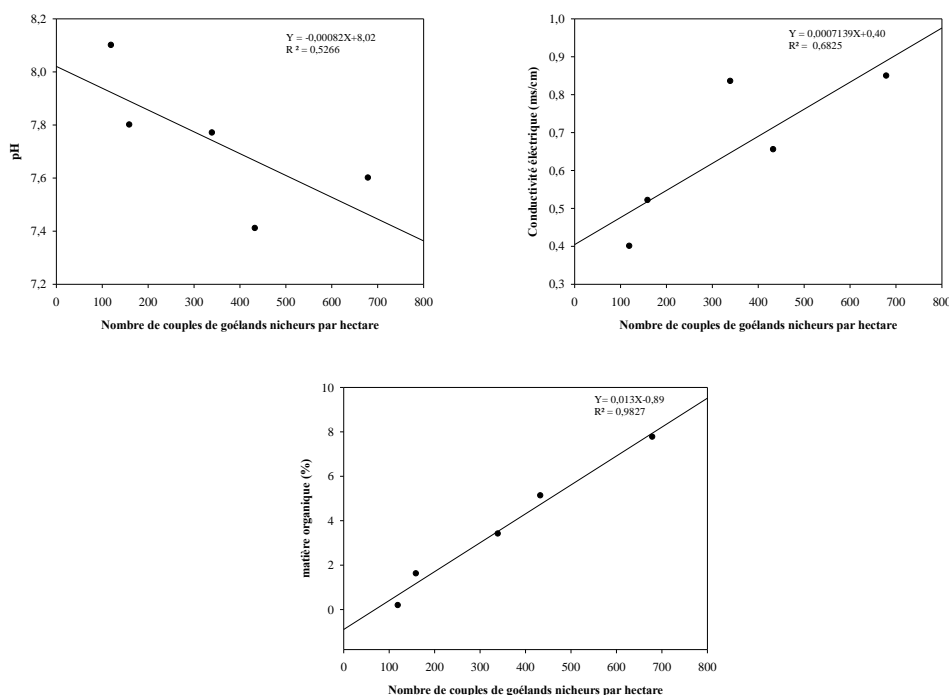


Figure 2. (en haut à gauche).— Valeurs du pH de la fraction fine des sols en fonction du nombre de couples de goélands nicheurs sur les placettes insulaires étudiées.

Figure 3. (en haut à droite).— Corrélation entre la conductivité électrique de la fraction fine des sols en fonction du nombre de couples de goélands nicheurs sur les placettes insulaires étudiées.

Figure 4. (en bas).— Valeurs de matière organique de la fraction fine des sols en fonction du nombre de couples de goélands nicheurs sur les placettes du milieu insulaire.

La répartition de la matière organique dans le sol reste donc hétérogène. Certaines parcelles sont riches voire très riches. La station continentale, présente des écarts nettement moins importants ($0,5 (\pm 0,02)$ à $2,2 (\pm 0,1) \%$). Les taux de matière organique reste faibles à très faibles.

Une droite de régression linéaire entre les taux de matière organique enregistrés et le nombre de couples nicheurs est établie (Fig. 4). Avec un coefficient de corrélation de 0,98 les deux paramètres sont fortement corrélés positivement. La matière organique est forte dans les parcelles soumises à de fortes concentrations de goélands. Cette matière organique provient en grande partie des fientes générées par ces oiseaux.

RÉSULTATS DES ANALYSES FLORISTIQUES

La comparaison de la diversité végétale de l'île de Rachgoun à celle d'une station continentale proche, et presque de même superficie, présente un bon exemple d'étude d'impact du Goéland leucophaea sur la diversité végétale, et surtout une intéressante synthèse sur la dynamique naturelle des écosystèmes.

L'aire minimale

Après l'établissement de la liste des espèces, la détermination de l'aire minimale s'impose. La courbe aire-espèces (Fig. 5) a été établie aussi bien dans la station insulaire que dans la station continentale.

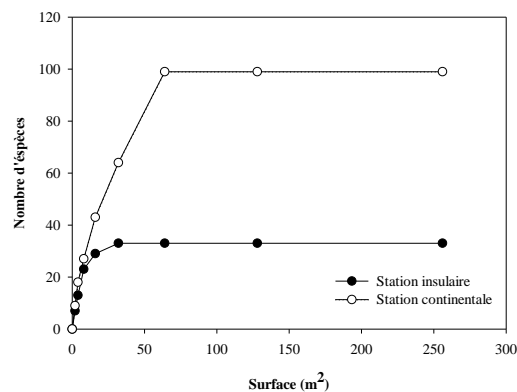


Figure 5.— Courbes aire minimale établies pour chaque site d'étude.

Si on compare les deux courbes, il apparaît que celle de la station insulaire croît plus vite que celle de la station continentale. La richesse spécifique maximale est atteinte sur une plus petite surface. Ceci peut s'expliquer par une richesse spécifique plus faible. Cette dernière augmente sensiblement dans la station continentale. Les 33 espèces végétales ont été inventoriées à partir d'une surface minimale qui n'excède pas 32 m². Cependant, cette aire est de 64 m², pour la station continentale.

Composition systématique - Caractérisation du cortège floristique

D'après les relevés floristiques qui ont été effectués, on compte 33 espèces et 22 familles sur l'île de Rachgoun alors que dans la station continentale on dénombre 99 espèces et 42 familles (Annexe II).

Il faut noter aussi l'existence de quelques pieds introduits d'*Eucalyptus* sp., *Juniperus phoenicea*, *Tamarix africana* et *Arundo donax* au niveau de l'île, et un boisement de *Pinus halepensis* dans la station continentale.

Les gymnospermes ou les conifères sont représentés par deux familles : les Cupressacées et les Pinacées, où le *Juniperus* et le *Pinus* sont les principaux genres présents. Leur présence est faible dans la station continentale (2,02 %). Elles sont absentes sur l'île Rachgoun.

Les angiospermes sont naturellement dominants (100 % dans l'île et 97 % dans la station continentale), ils comprennent deux classes : les Monocotylédones, pour 21,2 % sur l'île et 18,2 % sur la station continentale et les Eudicotylédones, avec 78,8 % sur l'île et 79,8 % sur la station continentale. La répartition des familles dans l'aire d'étude montre la dominance des Astéracées avec 3 (île) et 15 espèces (continent), des Poacées avec 3 et 8 espèces, des Fabacées avec 2 et 11 espèces, et les Chénopodiacées avec 3 espèces pour les deux stations. Les familles des Liliacées, des Brassicacées, des Lamiacées, des Apiacées et des Oléacées, sont présentes avec de plus faibles pourcentages (Fig. 6).

Dans la station continentale, la flore est plus riche en familles que dans la station insulaire. Dix-sept familles sont communes aux deux stations. Toutefois, la station insulaire se singularise par quatre familles, les Urticacées, les Aizoacées, les Géraniacées et les Oxalidacées (Annexe II).

La famille des Tamaricacées, introduite sur l'île, est présente sur le littoral de l'île Rachgoun dans les parties dépressionnaires mais absente dans la station continentale. Vingt-cinq taxons sont inventoriés uniquement sur la station continentale.

Caractères biologiques

Les thérophytes, qui représentent l'expression actuelle de l'adaptation des végétaux au milieu semi-aride, apparaissent nettement majoritaires dans les deux stations. L'île de Rachgoun se

caractérise par un schéma de type : Thérophytes > Hémicryptophytes = Chamaephytes = Géophytes > Phanérophytes, tandis que la station de Rachgoun se caractérise par un schéma de type : Thérophytes > Chamaephytes > Hémicryptophytes > Phanérophytes = Géophytes (Fig. 7).

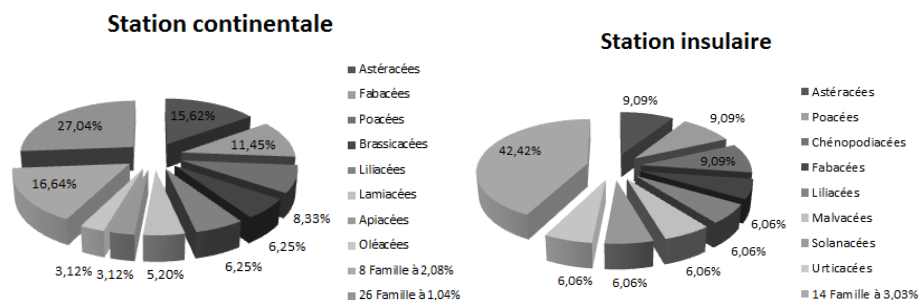


Figure 6.— Répartition en famille de la végétation de l'aire d'étude.

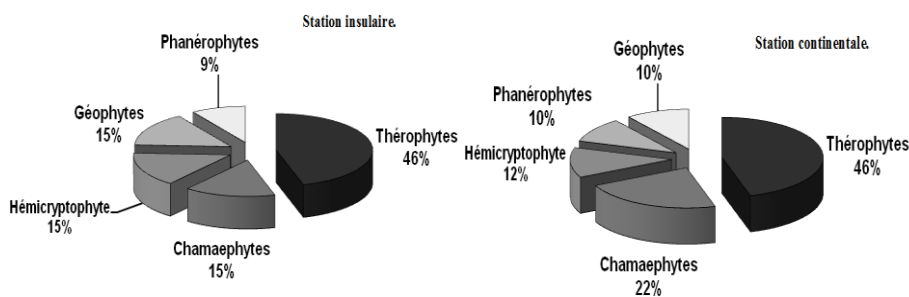


Figure 7.— Représentation des types biologiques de la végétation de l'aire d'étude.

Dans la station insulaire, les végétaux bas sont nettement dominants (76 %). Les chamaephytes et les phanérophytes sont présents avec une fréquence moindre (24 %). Ces deux derniers types biologiques sont observés avec un pourcentage de 32 % sur le continent. On note que les phanérophytes sont faiblement représentés dans les deux stations (9 % pour l'île et 10 % pour le continent). Ce sont en général des espèces nouvellement implantées. Les chamaephytes (15 et 22 %), et les hémicryptophytes (12 et 15 %) sont dominés par les espèces à turnover nul. À l'opposé, les thérophytes (46 %) et les géophytes (10 et 15 %), sont dominés par des espèces de turnover maximal.

Ainsi, le cortège floristique est caractérisé par une dominance nette des espèces à turnover nul par rapport aux espèces à turnover maximum. Cette dominance est encore plus marquée sur l'île que sur le continent (61 % contre 56 %). Les géophytes constituent généralement un élément stable au sein des communautés végétales mais ces plantes à bulbes sont connues pour leur aptitude à s'accommoder à des perturbations modérées.

Caractérisation biogéographique

Le caractère biogéographique des taxons inventoriés est déterminé à partir de la flore de l'Algérie (Quézel & Santa, 1962) et de la flore du Sahara (Ozenda, 1977).

Le type méditerranéen regroupe l'ensemble des taxons de toute ou juste une partie de l'aire méditerranéenne, limités à une région bien déterminée ou répartis sur toute l'aire débordante plus ou moins vers le Nord ou vers le Sud. Les espèces appartenant à ce type biogéographique sont les plus dominantes (40 % pour la station insulaire et 48,4 % pour la station continentale) (Fig. 8).

Les taxons cosmopolites correspondent à des espèces végétales nouvellement implantées. Ils atteignent une fréquence de 10 % dans la station insulaire. Les endémiques (2,1 à 3,3 %) ne

représentent qu'une petite part des taxons ; sur l'île, trois espèces sont endémiques, il s'agit de *Mesembryanthemum nodiflorum*, *Sonchus arvensis* et *Thymus ciliatus subspcoloratus*.

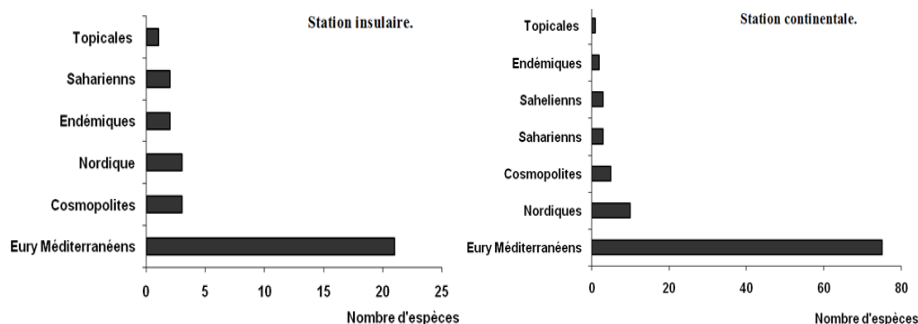


Figure 8.— Représentation des différents types biogéographiques des deux cortèges d'espèces végétales recensés dans l'aire d'étude.

Les taxons du Nord sont plus importants que ceux des régions tropicales et sub-tropicales. Ainsi, par ordre décroissant d'importance, les taxons méditerranéens sont au premier plan, suivis des cosmopolites (3 taxons) et des espèces nordiques (3 taxons), suivis par les taxons endémiques, les taxons sahariens et enfin des taxons tropicaux. Ce cas de figure correspond aux espèces végétales de la station insulaire. Par contre, dans la station continentale les taxons désignés comme nordiques (englobant les paléo-tempérés, les euro-asiatiques, les circum-boréales) ont une part plus importante que les taxons cosmopolites. On remarque de ce fait la présence d'une succession décroissante depuis les taxons méditerranéens, fortement dominants, jusqu'aux taxons tropicaux passant graduellement par les taxons nordiques, cosmopolites, sahariens, sahéliens et endémiques (Fig. 8).

Analyse floristique par l'AFC

Les relevés floristiques, en abondance-dominance et sociabilité, réalisés sur les placettes de 100 m² mises en place sur l'île de Rachgoun, ainsi que sur la station continentale de Rachgoun ont été analysés par l'AFC. Cette analyse permet d'évaluer l'impact des colonies de Goéland leucopnée sur la structuration des phytocénoses de chaque station.

- Analyse factorielle des relevés de la station insulaire

L'AFC a été réalisée à partir de la matrice composée des 25 relevés et 33 espèces inventoriées dans cette station insulaire. La répartition des espèces végétales est expliquée sur l'axe 1 puis sur l'axe 2. Ce plan totalise 60 % de l'information globale. Le côté négatif de l'axe 1 correspond à des espèces très rudérales *Lavatera maritima*⁽¹⁷⁾, *Urtica urens*⁽³²⁾, *Malva sylvestris*⁽²⁰⁾ ; ce sont les espèces qui construisent cet axe.

Du côté positif de ce même axe se rencontrent des espèces caractéristiques des matorrals méditerranéens ouverts dégradés, constitués de plantes résistantes aux perturbations (*Agave americana*⁽¹⁾, *Asparagus stipularis*⁽⁴⁾, *Euphorbia falcata*⁽¹⁵⁾, *Allium porrum*⁽²⁾, *Ruta chalepensis*⁽²⁷⁾, *Tamarix africana*⁽³¹⁾, *Parietaria judaica*⁽²⁴⁾, *Pistacia lentiscus*⁽²⁵⁾, *Silybum marianum*⁽²⁹⁾).

Sur le côté négatif de l'axe 2 figurent trois espèces des zones arides, avec une grande aptitude de germination, essentiellement des chamaephytes, qui construisent cet axe et s'opposent à deux espèces de thérophytes de coordonnées positives (Fig. 9).

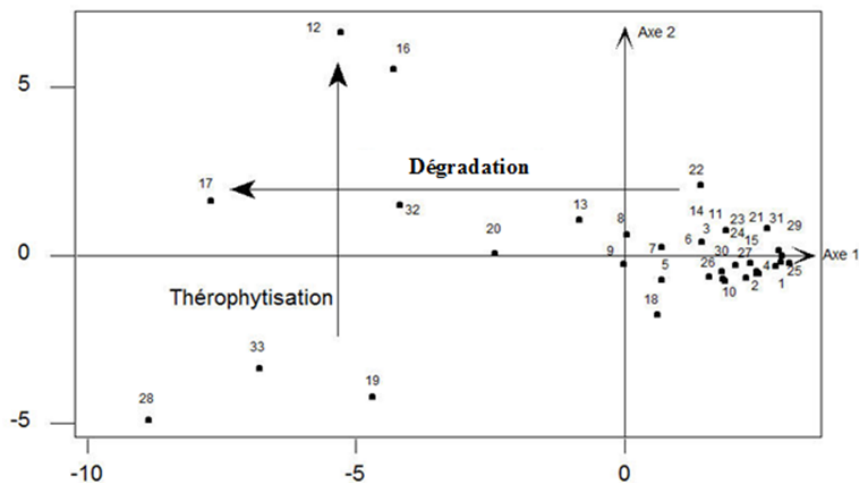


Figure 9.— Plan factoriel 1-2 de l'AFC relative aux données floristiques des 25 relevés de la station insulaire. Les numéros renvoient aux espèces de la station insulaire de l'Annexe II.

- Analyse factorielle des relevés de la station continentale

Une analyse factorielle des correspondances a été réalisée à partir des 25 relevés floristiques de 100 m² des 5 placettes d'études disposées sur la partie continentale la plus proche de l'île de Rachgoun (Fig. 10).

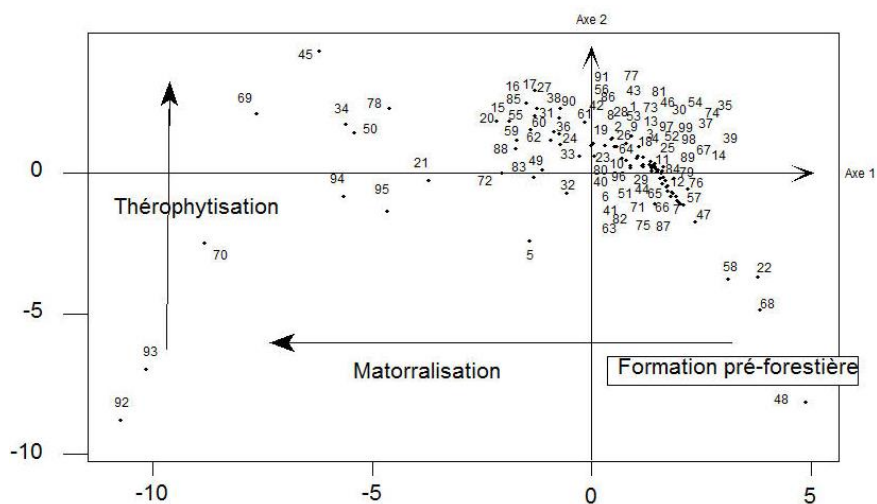


Figure 10.— Plan factoriel 1-2 de l'AFC relative aux données floristiques des 25 relevés de la station continentale. Les numéros renvoient aux espèces de la station continentale de l'Annexe II.

Du côté positif, à l'extrémité de l'axe s'individualisent un groupe d'espèces relevant du domaine pré-forestier, constitué de *Calycotome spinosa*⁽²²⁾, *Olea europea* var. *oleaster*⁽⁵⁸⁾, *Pistacia lentiscus*⁽⁶⁸⁾, *Juniperus phoenicea*⁽⁴⁸⁾ puis un deuxième groupe avec une forte interpénétration des sujets pré-forestiers, constitué de *Chamaerops humilis* subsp. *argentea*⁽²⁵⁾, *Cistus monspeliensis*⁽²⁹⁾,

Juniperus oxycedrus⁽⁴⁷⁾, *Phillyrea angustifolia*⁽⁶⁵⁾, *Rhamnus lycioides*⁽⁷⁶⁾, *Myrtus communis*⁽⁵⁷⁾. Du côté négatif, on a des espèces thérophytes avec une contribution élevée de *Bromus rubens*⁽²¹⁾, *Echium vulgare*⁽³⁴⁾, *Lagurus ovatus*⁽⁵⁰⁾, *Plantago lagopus*⁽⁶⁹⁾, *Plantago serraria*⁽⁷⁰⁾, *Rumex acetosella*⁽⁷⁸⁾, *Trifolium angustifolium*⁽⁹⁴⁾ et *Trifolium stellatum*⁽⁹⁵⁾. Sur l'axe 2, du côté négatif on a des espèces de Matorral représentées par *Thymelea hirsuta*⁽⁹²⁾ et *Thymus ciliatus*⁽⁹³⁾. Du côté positif de ce même axe, on trouve un groupe d'espèces thérophytes représentées par *Hordeum murinum*⁽⁴⁵⁾ et *Chrysanthemum coronarium*⁽²⁷⁾.

DISCUSSION

Les changements substantiels des populations nicheuses de Goélands leucophées (*Larus michaellis*) peuvent avoir des conséquences importantes sur le cortège floristique des îles et des régions côtières, comme la nitratisation des sols, le piétinement de la végétation, la création de zones de terre nue (Garcia *et al.*, 2002 ; Oro & Martínez-Abraín, 2007).

Les analyses chimiques du sol des deux stations et les corrélations au niveau de l'île de Rachgoun montrent que les parcelles soumises à une forte densité de goélands coïncident avec les plus faibles valeurs du pH, un sol peu salé et une quantité de matière organique forte à très forte, par contre dans la station continentale, le pH est légèrement alcalin, le sol est non salé, avec une faible quantité de matière organique. Le Goéland leucophée semble donc avoir un impact non négligeable sur les caractéristiques chimiques des horizons superficiels du sol de l'île de Rachgoun (Oro & Martínez-Abraín, 2007 ; Ziolk & Melke, 2015).

La spécificité du climat méditerranéen accentue le caractère drastique des habitats perturbés par l'avifaune car la sécheresse et l'évaporation augmentent la concentration du guano dans le sol. Un dépôt important de guano peut causer l'élimination de toutes les plantes et lichens, mais des taux moins élevés de déjections peuvent accroître la fertilité du sol et la croissance des végétaux (Gillham, 1961). Tous ces caractères induisent généralement la disparition ou la raréfaction des végétaux initialement présents et le développement d'espèces rudérales, surtout nitrophiles et halophiles (Vidal, 1998). Les types de perturbations occasionnées par nos colonies d'oiseaux marins, qui consistent essentiellement à un enrichissement des sols en matière organique, en composés azotés et phosphorés, et dans certains cas en un piétinement intense de la végétation et des sols sont en accord avec les données de la littérature (Vidal *et al.*, 1998a ; Ellis, 2005).

La prise en compte de l'intensité de la perturbation (au travers des densités de goélands nicheurs et des teneurs chimiques des sols) permet de différencier les effets de différents niveaux de pression écologique et, par extrapolation, d'identifier différents degrés dans la dynamique de dégradation des phytocénoses, depuis la simple infiltration de quelques taxons rudéraux au sein des matorrals, jusqu'à l'apparition et le développement de véritables formations rudérales (Vidal, 1998 ; Baumberger *et al.*, 2012). L'apport de matière organique et de nutriments par les oiseaux marins crée des conditions nouvelles qui permettent à de nombreux taxons non-indigènes et rudéraux de s'établir (Hogg & Morton, 1983). L'influence sur les phytocénoses se réalise essentiellement au travers de l'enrichissement des sols en nutriments (notamment de matière organique), et beaucoup moins par des interventions plus directes sur la végétation (arrachage de plantes, transport d'espèces allochtones) (Vidal *et al.*, 1997). Il est à noter que le manque d'études et d'inventaires floristiques antérieurs rend l'étude des changements floristiques sur l'île de Rachgoun impossible.

Les colonies de Goéland leucophée sont responsables de l'apparition d'un nouveau pôle de contraintes écologiques, qui se surajoute, et parfois prend le pas, sur les facteurs classiques d'organisation de ces systèmes microinsulaires, tels l'isolement et le gradient de salinité (Vidal, 1998). Dans la région de Rachgoun, la fraction fine des sols soumis à de fortes concentrations de goélands s'avère nettement plus riche en matière organique que la fraction fine des sols prélevés

sur la station continentale où les goélands ne semblent pas nicher. En outre, les fortes densités de goélands entraînent une acidification de la fraction fine du sol, comparativement à la station continentale la plus proche. Les forts apports en dérivés phosphorés, potassiques, azotés et carbonés par les colonies de Goéland leucophée correspondent bien au schéma général mis en évidence pour la plupart des oiseaux marins coloniaux (Vidal *et al.*, 2000 ; Borkowska *et al.*, 2015).

L'augmentation de la conductivité électrique au niveau du sol de la station insulaire peut être liée aux dépôts de guano et à la vapeur d'eau marine (García *et al.*, 2002). Il est particulièrement intéressant de constater que les goélands sont responsables de la quasi-totalité de l'humidité résiduelle et de la salinité de sol transportées par leurs plumages. Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par Abbott *et al.* (2000) et García *et al.* (2002) qui ont signalé respectivement la présence d'espèces halophiles, *Salsola vermiculata* et *Mesembryanthemum nodiflorum*, capables de concentrer le sel dans leurs tissus et d'augmenter la salinité du sol. L'acidification relative observée pour les sols les plus soumis à l'action des goélands est également un phénomène classique constaté sur la plupart des colonies d'oiseaux marins (Mulder *et al.*, 2011a). Le pH faible du sol peut induire la phytotoxicité de plusieurs espèces végétales (Durrett, 2014).

Les analyses réalisées sur la colonie de l'île Rachgoun montrent, en outre, une bonne proportionnalité entre les densités de goélands nicheurs et les teneurs des différents composés dans la fraction fine du sol, comme c'est le cas sur les îles de Marseille (Vidal, 1998). Ce dernier auteur, signale que ce résultat diffère de ce qui est généralement observé, particulièrement en milieu subantarctique où, du fait de fortes précipitations et d'un ruissellement intense, les composés chimiques issus des fientes des oiseaux marins subissent d'importantes migrations, avec notamment un lessivage intense des secteurs présentant de fortes pentes, et des accumulations dans les zones de talwegs. En effet, il est raisonnable de considérer que l'intensité des impacts occasionnés par les goélands sur la végétation est directement proportionnelle à la densité des oiseaux nicheurs en ce qui concerne tant l'arrachage et le piétinement que l'apport en composés chimiques dans le sol (Vidal, 1998).

La diminution du pH peut être attribuée à la minéralisation de la matière organique provenant des oiseaux marins et à la nitrification consécutive (Garcia *et al.*, 2002). Le pH peut varier avec d'autres facteurs tels que le type du sol et la présence des vapeurs de la mer (Ellis, 2005).

Les oiseaux marins nicheurs ont également un impact sur la composition de la communauté végétale. La représentation proportionnelle des différentes formes de croissance végétale au sein d'une île dépend de la présence des oiseaux marins ; ces formes de croissance, qui augmentent et diminuent, peuvent être attribuées à la perturbation du régime initié par les oiseaux marins en particulier (Oro & Martínez-Abraín, 2007 ; Ellis *et al.*, 2011 ; Ziolk & Melke, 2015).

La composition floristique de nos sites d'études montre l'existence de 33 espèces dans la station insulaire et 99 espèces dans la station continentale. Les taxons eudicotylidones, thérophyles et eury-méditerranéennes semblent dominer dans les deux stations. Nos résultats montrent que les Poacées, les Brassicacées, les Chenopodiacees et les Solanacées sont les familles botaniques les plus présentes sur l'île de Rachgoun. Ces familles sont généralement associées à la présence d'oiseaux marins (Ellis *et al.*, 2011). Elles contiennent plusieurs espèces ayant une vitesse de croissance rapide, une production de graines élevée, un cycle de vie annuel ou bisannuel et qui se développent fortement sur les fientes déposés par les oiseaux marins (Mulder *et al.*, 2011b).

L'analyse floristique et l'étude du corpus d'espèces végétales présentes sur l'île et sa comparaison avec des inventaires au niveau du continent, où la perturbation par les oiseaux marins est réduite ou très localisée, voire nulle, ont permis de mettre en évidence des changements survenus dans la composition floristique et des groupements d'espèces de cette île par rapport au continent le plus proche.

Le couvert végétal de l'île de Rachgoun est de type matorral dégradé comme c'est le cas des îlots de Béjaïa (Moulaï, 2005) et de Jijel (Benhamiche-Hanifi & Moulaï, 2012). Il est dominé

d'une part par *Salsola vermiculata*, *Lycium barbarum* et *Withania frutescens* et par des espèces rudérales constituées de *Malva sylvestris*, *Urtica urens*, *Lavatera maritima* et *Parietaria judaica*, comparées à celles du continent proche, qui est dominé par une formation pré-forestière dégradée constituée de *Cistus monspeliensis*, *Juniperus oxycedrus*, *Phillyrea angustifolia*, *Rhamnus lycioides*, *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus*, *Juniperus phoenicea*, *Chamaerops humilis subspargentea* d'une part, et par des espèces de Matorral, telles que *Thymelea hirsuta*, *Thymus ciliatus* et *Plantago serraria* (Baumberger *et al.*, 2012).

On signale la présence de 33 espèces sur l'île Rachgoun, par rapport à 44 espèces à l'îlot de Sahel, 52 espèces à l'île des Pisans, 60 espèces à l'îlot d'El Euch à Bejaïa, 101 à l'île Petit Cavallo, 82 à l'île Grand Cavallo, 23 à l'îlot Grand Cavallo à Jijel (Benhamiche-Hanifi & Moulai, 2012), et de 36 espèces à Grand Congloué à 213 à Ratonneau sur les îles de Marseille (Vidal, 1998). Quel que soit l'île ou l'îlot considéré, les thérophytes (en particulier taxons thérophytes à affinités rudérales) constituent très majoritairement le type biologique le mieux représenté : il l'est avec un taux de 45,4 % sur l'île de Rachgoun. Ces taxons sont présents dans des proportions allant de 44,2 à 81,2 % sur les îles de Marseille (Vidal, 1998). Ils représentent plus de 41,8 % de la flore des îles de Bejaïa et de Jijel en Algérie (Benhamiche-Hanifi & Moulai, 2012). Les thérophytes et les hémicryptophytes sont classiquement considérés comme étant particulièrement adaptés aux forts régimes de perturbations intenses (Médail, & Vidal, 1998) et aux conditions de stress induites par les particularités du bioclimat méditerranéen (Hobbs & Mooney, 1995).

Selon Vidal (1998) lorsque l'action des goélands est trop intense et s'exerce trop longtemps, la végétation des îlots s'appauvrit en espèces et les groupements halo-nitrophiles (à *Atriplex*) et halo-phosphato-nitratophiles (à *Lavatera*) sont favorisés et se substituent aux groupements habituels de ces îlots. Les thérophytes correspondent à une stratégie adaptative les prédisposant à se développer au niveau d'habitats perturbés, ou d'un environnement stressant (variations apériodiques des paramètres climatiques) du fait de leur cycle de vie court et de leur aptitude à mieux exploiter des ressources brèves (Vidal, 1998). Les thérophytes sont des espèces végétales invasives dans le monde et particulièrement dans le bassin méditerranéen (Quézel *et al.*, 1990). Il est donc logique de constater que ces espèces stress-tolérantes et/ou rudérales (Baumberger *et al.*, 2012) prédominent dans de telles situations écologiques drastiques et imprévisibles.

Les Goélands leucophées de l'île Rachgoun semblent avoir un impact indéniable sur le sol et la végétation, notamment dans les zones où les densités des couples nicheurs sont les plus fortes, ce qui n'est pas le cas de la station continentale qui peut être considérée comme un milieu témoin caractérisé par l'absence de l'influence des goélands. L'étude de l'évolution de la végétation de l'île Rachgoun (dynamique et processus de colonisation, disparition) serait intéressante à entreprendre et cela en fonction de l'évolution de la dynamique des goélands.

En l'état actuel et vu les densités atteintes par les goélands nicheurs et leurs impacts avérés sur le sol et la végétation de l'île Rachgoun, on peut prévoir à moyen ou long terme, une modification dans la structure de la végétation de l'île au profit des végétaux allochtones et rudéraux au détriment de la végétation originelle, notamment celle la plus adaptée aux conditions arides de la région. Le Goéland leucophée, surabondant sur l'île Rachgoun, pourrait aussi avoir un effet sur certaines populations d'oiseaux sensibles sur l'île, à l'exemple du Faucon d'Éléonore, du Puffin cendré et du Goéland d'Audouin. La limitation et la gestion du nombre de ce goéland nicheur sur l'île Rachgoun pourrait être envisagées.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient chaleureusement le Dr Hicham Gouzi, de l'université Amar Télidji de Laghouat, ainsi que deux relecteurs anonymes, pour leurs conseils, corrections et avis.

RÉFÉRENCES

- ABBOTT, I., MARCHANT, N. & CRANFIELD, R. (2000).— Long-term change in the floristic composition and vegetation structure of Carnac Island Western Australia. *J. Biogeogr.*, 27: 333-346.
- AFNS (1995).— *Référentiel pédologique*. (D Baize & M.C Girard Coord.). INRA, Paris.
- AUBERT, G. (1978).— *Méthodes d'analyse des sols*. C.R.D.P. Marseille.
- BAIZE, D. (2000).— *Guide des analyses en pédologie*. 2^{ème} édition revue et augmentée. INRA. Paris.
- BAUMBERGER, T., AFFRE, L., TORRE, F., VIDAL, E., DUMAS, J.P & TATONI, T. (2012).— Plant community changes as ecological indicator of seabird colonies' impacts on Mediterranean Islands. *Ecol. Indic.*, 15: 76-84.
- BEAUBRUN, P.C. (1994).— Controllo numerico di una specia in espansione : il gabbiano reale *Larus cachinnans*. Pp 353-379 In: X. Monbailliu & A.Torre (eds). *Gestione degli studi ambiente costieri e insulari de Mediterraneo*. Medmaravis, Alghero.
- BENHAMICHE-HANIFI, S. & MOULAÏ, R. (2012).— Analyse des phytocénoses des systèmes insulaires des régions de Béjaïa et de Jijel (Algérie) en présence du Goéland leucophaea (*Larus michahellis*). *Rev. Écol (Terre Vie)*, 67: 375-397.
- BENZECRI, J.P. (1973).— *L'analyse des données. Tome II, l'analyse des correspondances*. Dunod, Paris.
- BORKOWSKA, L., KROLAK, E., KASPRZYKOWSKI, Z. & KACZOROWSKI, P. (2015).— The influence of *Corvus frugilegus* nesting on soil parameters and plant composition in poor and fertile habitats. *Landscape Ecol. Eng.*, 11: 161-167.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1951).— *Les groupements végétaux de la France méditerranéenne*. Montpellier. CNRS.
- DUHEM, C., ROCHE, P., VIDAL, E. & TATONI, T. (2008).— Effects of anthropogenic food resources on yellow-legged gull colony size on Mediterranean islands. *Popul. Ecol.*, 50: 91-100.
- DURRETT, M.S. (2014).— *Spatial variability in plant and soil properties on New Zealand seabird islands, and the effects of introduced rats*. PhD thesis, University of Alaska Fairbanks, Alaska.
- ELLIS, J.C. (2005).— Marine birds on land: a review of plant biomass, species richness, and community composition in seabird colonies. *Plant Ecol.*, 181: 227-241.
- ELLIS, J.C., BELLINGHAM, P.J., CAMERON, E.K., CROLL, D.A., KOLB, G.S., KUEFFER, C., MITTELHAUSER, G.H., SCHMIDT, S., VIDAL, E., & WAIT, D.A. (2011).— Effects of seabirds on plant communities. Pp 177-211 In: C.P.H. Mulder, W.B. Anderson, D.R. Towns & P.J. Bellingham (eds). *Seabird Islands: Ecology, invasion, and restoration*. Oxford University Press, New York.
- GARCÍA, L.V., MARANÓN, T., OJEDA, F., CLEMENTE, L. & REDONDO, R. (2002).— Seagull influence on soil properties, chenopod shrub distribution, and leaf nutrient status in semiarid Mediterranean islands. *Oikos*, 98: 75-86.
- GILLHAM, M.E. (1961).— Alteration of the breeding habitat by sea-birds and seals in western Australia. *J. Ecol.*, 49: 289-300.
- GHERMAOUI, M. (2010).— *Bioécologie du Goéland (Aves-Laridés) dans les formations végétales ouvertes du littoral de Rachgoun (Ain Témouchent)*. Mémoire de Magister. Université de Tlemcen (Algérie).
- GHERMAOUI, M., ABDELLAOUI, K. & MOULAÏ, R. (2013).— Première observation d'une nidification mixte du Héron garde-bœuf *Bubulcus ibis* et de l'Aigrette garzette *Egretta garzetta* en milieu insulaire sur l'île de Rachgoun en Algérie. *Alauda*, 81: 311-312.
- HOBBS, R.J. & MOONEY, H.A. (1995).— Effects of episodic rain events on Mediterranean climate ecosystems. Pp 71-85 In: J. Roy, J. Aronson & F. Di Castri (eds). *Time scales of biological responses to water constraints*. SPB Academic Publishing, Amsterdam.
- HOGG, E.H. & MORTON, J.K. (1983).— The effects of nesting gulls on the vegetation and soil of islands in the Great Lakes. *Canad. J. Bot.*, 6: 3240-3254.
- JACOB, J.P. & COURBET, B. (1980).— Oiseaux de mer nicheurs sur la côte en Algérie. *Le Gerfaut*, 70: 385-401.
- MÉDAIL, F. & VIDAL, E. (1998).— Rôle des Goélands leucophaeas dans l'implantation et l'expansion d'espèces végétales allochtones sur l'archipel de Riou (Marseille, France). *Biocosme Méditerranéen*, 15: 123-140.
- MOULAÏ, R. (2005).— *Contribution à l'évaluation de la diversité biologique des îlots de la côte occidentale de Béjaïa (Algérie)*. 1^{er} Séminaire International sur l'environnement et ses problèmes connexes, Béjaïa.
- MOULAÏ, R., BOUGAHAM, F.A., AISSAT, L., CHELLI, A., GHERMAOUI, M. & HAMADI, K. (2015).— Faune vertébrée de quelques milieux insulaires d'Algérie : Diversité et aspects de conservation. Pp 183-190 In: M. Ergun, S. Ciriş & K.C. Kingleleoua (eds). *Proceeding of the international congress on « Estuaries and costal protected area »*. ECPA, Izmir, Turkey, 04-06 November 2014.
- MOULAÏ, R., SADOUL, N. & DOUMANDJI, S. (2005).— Nidification urbaine et à l'intérieur des terres du Goéland leucophaea *Larus michahellis* en Algérie. *Alauda*, 73: 195-200.
- MULDER, C.P.H., ANDERSON, W.B., TOWNS, D.R. & BELLINGHAM, P.J. (2011a).— *Seabird Islands: Ecology, invasion, and restoration*. Oxford University Press, New York.
- MULDER, C.P.H., JONES, H.P., KAMEDA, K., PALMBORG, C., SCHMIDT S, ELLIS, J.C., ORROCK, J.L., WAIT, D.A., WARDLE, D.A., YANG, L., YOUNG, H.S., CROLL, D.A. & VIDAL, E. (2011b).— Impacts of seabirds on plant and soil

- properties. Pp 135-176 In: C.P.H. Mulder, W.B. Anderson, D.R. Towns & P.J. Bellingham (eds). *Seabird Islands: Ecology, invasion, and restoration*. Oxford University Press, New York.
- ORO, D. & MARTÍNEZ ABRAÍN, A. (2007).— Deconstructing myths on large gulls and their impact on threatened sympatric waterbirds. *Anim. Conserv.*, 10: 117-126.
- OZENDA, P. (1977).— *La flore du Sahara*. Edit. C.N.R.S. Paris.
- QUÉZEL, P. & SANTA, S. (1962).— *Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Vol. 1-2. C.N.R.S., Paris.
- QUÉZEL, P., BARBERO, M., BONIN, G. & LOISEL, R. (1990).— Recent plant invasion in the circum-Mediterranean region. Pp 51-60 In: F. Di Castri, A.J. Hansen & M. Debussche (eds). *Biological invasions in Europe and the Mediterranean basin*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- RAUNKIAER, C. (1918).— Recherches statistiques sur les formations végétales. *Biologiske meddelelser*, 1-80.
- THIBAUT, J.-C., ZOTIER, R., GUYOT I. & BRETAGNOLLE V. (1996).— Recent trends in breeding marine birds of the Mediterranean Region with special reference to Corsica. *Colonial Waterbirds*, 19: 31-40.
- THOMAS, G.W. (1996).— Soil pH and soil acidity. Pp 475-490 In: D.L. Sparks (ed.). *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods*. SSSA and ASA, Madison, WI.
- VIDAL, E. (1998).— *Organisation des phytocénoses en milieu insulaire méditerranéen perturbé. Analyse des inters relations entre les colonies de Goéland leucophée et la végétation des îles de Marseille*. Thèse doctorat en Biologie des populations et écosystèmes, Aix- Marseille III.
- VIDAL, E., MÉDAIL, F. & TATONI, T. (1998a).— Is the yellow-legged gull a superabundant bird species in the Mediterranean? Impact on fauna and flora, conservation measures and research priorities. *Biodiv. Conserv.*, 7: 1013-1026.
- VIDAL, E., MÉDAIL, F., TATONI, T. & BONNET, V. (1997).— Impact du Goéland Leucophée *Larus cachinnans michahellis* sur les milieux naturels provençaux. *Faune de Provence* (C.E.E.P.), 18: 47-53.
- VIDAL, E., MÉDAIL, F., TATONI, T. & BONNET, V. (2000).— Seabirds drive plant species turnover on small Mediterranean islands at the expense of native taxa. *Oecologia*, 122: 427-434.
- VIDAL, E., MÉDAIL, F., TATONI, T., ROCHE, P. & VIDAL, P. (1998b).— Impact of gull colonies on the flora of the Riou archipelago (Mediterranean islands of south-east France). *Biol. Conserv.*, 84: 235-243.
- ZIOLEK, M. & MELKE, J. (2015).— The impact of seabirds on the content of various forms of phosphorus in organic soils of the Bellsund coast, western Spitsbergen. *Landscape Ecol. Eng.*, 11:161-167.

ANNEXE 1

Densités moyennes estimées de Goélants leucophées nicheurs sur les placettes de l'île de Rachgoun

Placettes	Surface (ha)	Nombre de couples estimés	Densité moyenne (cpl.ha ⁻¹)
1	2,08	1248	600
2	2,56	1740	679,7
3	2,64	897	339,8
4	3,28	524	159,7
5	5,88	705	119,9
Total	16,44	5114	311,1

ANNEXE 2

Liste floristique, type biologique et type biogéographique de la végétation du littoral de Rachgoun

Taxa	Si	Sc	Famille	Tybio	Tybiogéo
<i>Agave americana</i>	1	1	Agavacées	Ge	Méd
<i>Agropyrum repens</i>		2	Poacées	Th	Circumbor
<i>Ajuga iva</i>		3	Lamiacées	Th	Méd
<i>Allium hirsutum</i>		4	Liliacées	Ge	Méd-Ethiopie
<i>Allium nigrum</i>		5	Liliacées	Ge	Méd
<i>Allium porrum</i>	2		Liliacées	Ge	
<i>Ammoides verticillata</i>		6	Apiacées	Th	Méd
<i>Anacyclus radiatus</i>		7	Astéracées	He	Eur-Méd-Syrie
<i>Anagallis arvensis</i>		8	Primulacées	Th	Sub-Cosmop

<i>Anthyllis tetraphylla</i>		9	Fabacées	Th	Méd
<i>Arisarum vulgare</i>	3	10	Aracées	Ge	Circum-Méd
<i>Asparagus albus</i>		11	Liliacées	Ge	W.Méd
<i>Asparagus stipularis</i>	4	12	Liliacées	Ge	Macar-Méd
<i>Asperula hirsuta</i>		13	Rubiacees	He	W-Méd
<i>Asteriscus maritimus</i>		14	Astéracées	Ch	Méd
<i>Astragalus pentaglottis</i>	5	15	Fabacées	Th	Méd
<i>Atractylis cancellata</i>		16	Astéracées	Th	Méd
<i>Atriplex halimus</i>	6		Chénopodiacées	Ch	Cosm
<i>Avena sterilis</i>	7	17	Poacées	Th	Eur-Méd
<i>Bellis annua</i>		18	Astéracées	Th	Circum-Méd
<i>Brassica nigra</i>		19	Brassicacées	Th	Euras
<i>Bromus madritensis</i>		20	Poacées	Th	Eur-Méd
<i>Bromus rubens</i>		21	Poacées	Th	Paléo-Sud-Trop
<i>Calycotome spinosa</i>		22	Fabacées	Ch	W.Méd
<i>Carduus marianus</i>		23	Astéracées	Th	Méd
<i>Centaurea pullata</i>		24	Astéracées	He	Méd
<i>Chamaerops humilis</i> subsp. <i>argentea</i>		25	Palmacées	Ch	Méd
<i>Chenopodium album</i>	8	26	Chénopodiacées	Th	Cosmop
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	9	27	Astéracées	Ch	Méd
<i>Cistanche phelipaea</i>	10	28	Orobanchiacées	Ch	Sah.Méd
<i>Cistus monspeliensis</i>		29	Cistacées	Ch	Méd
<i>Cistus salviaefolius</i>		30	Cistacées	Ch	Méd
<i>Convolvulus althaeoides</i>		31	Convulvulacées	Th	Macar-Méd
<i>Dactylis glomerata</i>	11		Poacées	Th	Paléo-temp
<i>Echallium elaterium</i>	12	32	Cucurbitacées	Ge	Méd
<i>Echinops spinosus</i>		33	Astéracées	Ch	S.Méd-Sah
<i>Echium vulgare</i>	13	34	Boraginacées	He	Méd
<i>Erica multiflora</i>		35	Ericacées	Ch	Méd
<i>Erodium moschatum</i>	14	36	Poacées	Th	Méd
<i>Eryngium campestre</i>		37	Apiacées	He	Eur-Méd
<i>Euphorbia falcata</i>	15		Euphorbiacées	Th	Méd
<i>Euphorbia paralias</i>		38	Euphorbiacées	Th	Méd-Atl
<i>Fagonia cretica</i>		39	Zygophyllacées	Th	Méd
<i>Fedia cornucopiae</i>		40	Valerianacées	Th	Méd
<i>Foeniculum vulgare</i>		41	Apiacées	Th	Méd
<i>Galactites tomentosa</i>		42	Astéracées	Ch	Circum-Méd
<i>Gladiolus italicus</i>		43	Iridacées	Ge	Méd
<i>Globularia alypum</i>		44	Globulariacées	Ch	Méd
<i>Hordeum murinum</i>	16	45	Poacées	Th	Circum-Méd
<i>Iris sisyrinchium</i>		46	Iridacées	Ch	Méd
<i>Juniperus oxycedrus</i>		47	Cupressacées	Ph	Circum-Méd
<i>Juniperus phoenicea</i>		48	Cupressacées	Ph	Méd
<i>Knautia arvensis</i>		49	Dipsacées	Th	Euras
<i>Lagurus ovatus</i>		50	Poacées	Th	Macar-Méd
<i>Lavandula dentata</i>		51	Lamiacées	Ch	W.Méd
<i>Lavatera maritima</i>	17		Malvacées	He	W.Méd
<i>Lobularia maritima</i>	18	52	Brassicacées	Th	Méd
<i>Lycium barbarum</i>	19		Solanacées	Ch	Méd
<i>Malva sylvestris</i>	20	53	Malvacées	Th	Euras
<i>Marrubium vulgare</i>		54	Lamiacées	He	Cosmop
<i>Mathiola sinuata</i>		55	Brassicacées	Th	Méd-Atl
<i>Medicago minima</i>	21		Fabacées	Th	Eur-Méd
<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i>	22		Aizoacées	Th	End
<i>Muscari comosum</i>		56	Liliacées	Ge	Méd
<i>Myrtus communis</i>		57	Myrtacées	Ph	Méd
<i>Olea europea</i> var. <i>oleaster</i>		58	Oléacées	Ph	Méd
<i>Ononis natrix</i>		59	Fabacées	Th	Méd

<i>Ononis spinosa</i>		60	Fabacées	Th	Méd
<i>Oxalis pres-caprae</i>	23		Oxalidacées	Th	
<i>Pallenis spinosa</i>		61	Astéracées	Ch	Eur-Méd
<i>Parietaria judaica</i>	24		Urticacées	He	Méd
<i>Papaver rhoeas</i>		62	Papavéracées	Th	Paléo-temp
<i>Paronychia argentea</i>		63	Caryophyllacées	Th	Sub-Méd
<i>Phagnalon saxatile</i>		64	Astéracées	Th	W.Méd
<i>Phillyrea angustifolia</i>		65	Oléacées	Ph	Méd
<i>Phillyrea latifolia</i>		66	Oléacées	Ph	Méd
<i>Pinus halepensis</i>		67	Pinacées	Ph	Méd
<i>Pistacia lentiscus</i>	25	68	Anacardiacees	Ph	Méd
<i>Plantago lagopus</i>	26	69	Plantaginacées	He	Méd
<i>Plantago serraria</i>		70	Plantaginacées	He	Méd
<i>Quercus coccifera</i>		71	Fagacées	Ph	W.Méd
<i>Raphanus raphanistrum</i>		72	Brassicacées	Th	Méd
<i>Reichardia tingitana</i>		73	Astéracées	Th	Méd
<i>Reseda luteola</i>		74	Résédacées	He	Euras
<i>Retama monosperma</i>		75	Fabacées	Th	Ibero-Maur
<i>Rhamnus lycioides</i>		76	Rhamnacees	Ch	W.Méd
<i>Rubia peregrina</i>		77	Rubiacees	He	Méd-Atl
<i>Rumex acetosella</i>		78	Polygonacées	Th	Cosmop
<i>Ruta chalepensis</i>	27	79	Rutacées	Th	Méd
<i>Salsola vermiculata</i>	28	80	Chénopodiacées	Ch	Sah.Méd
<i>Sedum acre</i>		81	Crassulacées	Ch	Euras
<i>Sedum rubens</i>		82	Crassulacées	Th	Méd
<i>Senecio leucanthemifolius</i>		83	Astéracées	Th	W.Méd,canar,Syrie
<i>Senecio vulgaris</i>		84	Astéracées	Ch	Sub-Cosmop
<i>Silene colorata</i>		85	Caryophyllacées	Th	Paléo-temp
<i>Sinapsis arvensis</i>		86	Brassicacées	Th	Paléo-temp
<i>Silybum marianum</i>	29		Asteracées	Th	Cosm
<i>Sonchus arvensis</i>	30	87	Astéracées	He	End.N.A
<i>Spartium junceum</i>		88	Fabacées	Th	Méd
<i>Stipa tenacissima</i>		89	Poacées	He	Ibero-Maur
<i>Tamarix africana</i>	31		Tamaricacées	Ph	N.Trop
<i>Teucrium polium</i>		90	Lamiacées	Ch	Eur-Méd
<i>Thapsia garganica</i>		91	Brassicacées	Ch	Méd
<i>Thymelea hirsuta</i>		92	Thymeleacees	Th	Méd
<i>Thymus ciliatus</i> subsp. <i>coloratus</i>		93	Lamiacées	Ch	End N.A
<i>Trifolium angustifolium</i>		94	Fabacées	Th	Méd
<i>Trifolium stellatum</i>		95	Fabacées	Th	Méd
<i>Ulex parviflorus</i>		96	Fabacées	Ch	W.Méd
<i>Urginea maritima</i>		97	Liliacées	Th	Can. Méd
<i>Urtica urens</i>	32		Urticacées	Th	Circumbor
<i>Viburnum tinus</i>		98	Caprifoliacées	Th	Méd
<i>Withania frutescens</i>	33	99	Solanacées	Ph	Ibero-Mar

Si : station insulaire ; Sc : station continentale.

Tybio: la classification de Type biologique la plus utilisée est celle de Raukiaer (1918). De nature morphologique, elle prend en compte la position, par rapport au sol, des bourgeons de rénovation du végétal et permet de reconnaître, en ce qui concerne les végétaux vasculaires, les cinq principaux types biologiques suivants: Th : Thérophyte ; He : Hémicryptophyte ; Ph : Phanérophyte ; Gé : Géophyte ; Ch : Chaméphyte.

Tybiogéo: Type biogéographique : aire de répartition générale des espèces, les principaux types d'aires ont été schématisés de la façon suivante : N.A. : Nord-Africain ; Ibéro-Maur. : Ibéro-Maurétanien ; Ibéro-Mar. : Ibéro-Marocain ; Mar. : Marocain ; Alg. : Algérien ; Tun. : Tunisien ; Macar. : Macaronésien ; Can. : Canarien ; Nume. : Numide ; Méd. : Méditerranéen ; Sah. : Saharien ; Sah-Sind. : Saharo-Sindien ; Afr. : Africain ; Trop. : Tropical ; Paléo-trop. : Paléo-tropical ; Irano-Tour. : Irano-Touranien ; Eur. : Européen ; Euras. : Eurasiatique ; Paléo-temp. : Paléotempéré ; Atl. : Atlantique ; As. : Asiatique ; Amér. : Américain ; Cosmop. : Cosmopolite ; End. : Endémique ; Bor. : Boréal ; N. : Nord ; S. : Sud ; E. : Est ; W. : Ouest ; Temp. : Tempéré ; Or. : Oriental ; Occ. : Occidental ; Circum et Sub (Source des abréviations : Quézel & Santa, 1962).